

NORVAJÄRVEN LEIRIKESKUKSEN ENERGIATARKASTELU

Taisto Pyy

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennustekniikka
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikka ja liikenne
Rakennustekniikka

Tekijä	Taisto Pyy	Vuosi	2015
Ohjaaja	Petri Kuisma		
Toimeksiantaja	Rovaniemen seurakunta		
Työn nimi	Norvajärven leirikeskuksen energiatarkastelu		
Sivu- ja liitemäärä	39 + 3		

Opinnäytetyöni tavoitteeksi olemme yhdessä tilaajan kanssa asettaneet mahdollisimman energiatehokkaan uusiutuvaa energiaa käyttävän kiinteistö- ja käyttövesilämmitysjärjestelmän valinnan Norvajärven leirikeskukseen. Järjestelmälle laskettiin nykyarvo 25 vuoden ajanjaksolle elinkaarimenetelmää eli LCC-analyysiä ja laitetoimittajien alustavia tarjouksia hyväksi käyttäen. Saatuja tuloksia on tarkoitus käyttää hyväksi myös muiden seurakunnan omistamien kiinteistöjen energiatarkasteluissa ja -saneerauksissa. Haastetta työlle loivat leirikeskuksen noin 25 % käyttöaste ja Rovaniemen seurakunnan ympäristöohjelman vaatimukset, jotka on tarkoitus ottaa huomioon tarkastelussa.

Energiantuotantojärjestelmien vertailuun kohteessa valittiin pellettilämmitys, ilma-vesilämpöpumppu ja maalämpöpumppu porakaivoon tai vesistöön asennettuna sekä hybridijärjestelmä. Vertailtaviksi valikoituivat erillinen pellettikontti ulkoistetulla huollolla, ilma-vesilämpöpumppu kokonaisurakkana toteutettuna sekä maalämmössä lämmönkeruutavaksi porakaivo tai lämmönkeruuputket Norvajärveen asennettuna. Lisäksi tarkastelussa otettiin huomioon mahdollinen hybridilämmitys, jossa käytetään osittain hyväksi vielä kunnossa olevaa nykyistä öljylämmitystä (lähinnä kulutushuippuja tasaamaan) yhdistettynä johonkin vertailun kohteena olevaan järjestelmään.

Kokonaiskustannuksiltaan edullisimmaksi ja muut vertailulle asetetut tavoitteet parhaiten täyttäväksi järjestelmäksi valitsisin hybridivaihtoehdon, jossa ilma-vesilämpöpumppu yhdistetään nykyiseen öljylämmitykseen. Tällä pystytään hoitamaan noin 80–85 % energiantarpeesta ja öljy tai sähkö toimii huippujen tasaajana pitkien pakkasjaksojen ja käyttövesihuippujen aikana. Kokonaiskustannuksiltaan kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi osoittautui myös lämpöpumppu porakaivoon asennettuna. Myös tässä vaihtoehdossa öljy- tai sähkölämmitys toimisi kulutushuippujen tasaajana.

Avainsanat

leirikeskus, pellettilämmitys, ilmavesilämpöpumppu, maalämpöpumppu, elinkaarilaskenta

School of Industry and Natural Resources
Degree Programme in Civil Engineering

Author	Taisto Pyy	Year	2015
Supervisor(s)	Petri Kuisma		
Commissioned by	Lapland University of Applied Sciences		
Subject of thesis	Energy review for Norvajärvi recreational centre		
Number of pages	39 + 3		

The goal of the thesis was to find the most energy efficient estate and single booster heating system for Norvajärvi recreational centre. The current value of the system was counted using life span analysis and the preliminary offerings from machine suppliers. The received results are meant to be used also in other congregation-owned buildings when making energy review and renewals. The challenging aspects of the thesis were the utilization rate of the estate and the requirements of Rovaniemi congregation environmental plan.

The systems considered for comparison were pellet heating, air-source heat pump, geothermal heat pump and a hybrid system. For further examination separate pellet container with outsourced maintenance, air-source heat pump executed with contract work, and geothermal heat executed through an artesian well or heat absorbing pipes installed in Norvajärvi were chosen.

The most fulfilling option economically and altogether is the hybrid system, where the air-source heat pump is combined with the existing oil heating. With this option it is possible to cover approximately 80-85% of the energy need when also utilizing oil or electricity as peak leveler during long phases of cold weather and high water consumption.

Key words recreational centre, pellet heating, air source heat pump, geothermal heat pump, life span analysis

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	NORVAJÄRVEN LEIRIKESKUS	9
2.1	Leirikeskus	9
2.2	Päärakennus	9
2.3	Lomamaja	10
2.4	Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmä	11
2.5	Normitettu energiankulutus	12
3	ENERGIANTUOTANTOTARKASTELU	14
3.1	Lämpöpumput	14
3.1.1	Maalämpöpumppu	14
3.1.2	Maalämpöjärjestelmän toiminta	14
3.1.3	Maalämpö porakaivosta	16
3.1.4	Maalämpö vesistöstä	17
3.1.5	Ilma-vesilämpöpumppu	19
3.2	Pelletti	20
3.3	Viranomaisasiat ja luvat	21
4	ENERGIANTUOTANTOJÄRJESTELMIEN KANNATTAVUUS	23
4.1	Taustatietoa	23
4.2	Elinkaarikustannukset	24
4.3	Rakennukset ja energiankäyttö	25
4.4	Kansalliset velvoitteet	27
5	POHDINTA	29
5.1	Tavoitteet ja tarjoukset	29
5.2	Järjestelmien vertailu	30
5.2.1	Pellettijärjestelmä	30
5.2.2	Maalämpöjärjestelmä porakaivoasennuksena	31
5.2.3	Ilma-vesilämpöpumppu	32
5.2.4	Hybridilämmitys	33
5.3	Loppuyhteenveto	34
6	LÄHTEET	35
	LIITTEET	37

KÄYTETYT LYHENTEET

Q_{norm}	vertailukelpoinen energiankulutus
S	lämmitystarveluku
S_{vpkunta}	lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$Q_{\text{lämmitys}}$	öljyn kulutus, kWh/a
Q_{lkv}	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh/a
TMA	takaisinmaksuaika
KV	kylmä käyttövesi
LV	lämmin käyttövesi
PTS	pitkän tähtäimen suunnitelma
LCC	elinkaarianalyysi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheen sain keväällä 2013 Rovaniemen seurakunnan silloiselta rakennuspäälliköltä. Hänelle oli annettu selvitettäväksi leirikeskuksen energia-tarkastelu, jossa tavoitteeksi oli asetettu kiinteistöjen energiakustannusten pienentäminen. Tapaamisessamme hän ehdotti aihetta opinnäytetyökseni ja koska se tukee hyvin talo- ja energistekniikkaan suuntautuvia opintojani, teimme aiheesta sopimuksen toukokuussa 2013.

Rovaniemen seurakunnalle on vuosiksi 2013–2017 laadittu laaja ympäristöohjelma. Ohjelmassa on annettu ohjeet myös rakennusten käytölle, energiatarkasteluille ja ohjeita säästötavoitteiden saavuttamiseksi. Lisäksi siinä on lueteltu muut energian käyttöön vaikuttavat tekijät, kuten energiankulutuksen ja käyttövedenseuranta. Lisäksi seurakunnassa on tehty pitkän tähtäimen suunnitelmat (PTS) kiinteistöjen ja niiden järjestelmien kunnon ja käytön kartoittamiseksi sekä mahdolliset toimenpide-ehdotukset tuleville vuosille. (Rovaniemen seurakunnan ympäristöohjelma 2013–2017, 37–43.)

Leirikeskuksen alkuperäinen öljylämmitysjärjestelmä on saneerauksen tarpeessa ja kaipaa jo uudistamista. Osittain jo 25 vuotta vanhan energiantuotantojärjestelmän huono hyötysuhde nostaa energiankulutusta ja jatkuva lämmitysöljyn hinnannousu on laittanut seurakunnan miettimään muita vaihtoehtoja öljyn tilalle. Energiantuotantojärjestelmän saneeraus, ja ennen kaikkea toteutuskelpoisten vaihtoehtojen kartoitukset, jotka täyttävät niille asetetut vaatimukset, on nyt ajankohtainen asia.

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää kokonaistaloudellisuudeltaan edullisin ratkaisu rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämmitystaparatkaisua seurakunta voi hyödyntää seuraavien 25 – 30 vuoden ajan ja tarvittaessa hyödyntää saatuja tietoja muiden kiinteistöjensä energiaselvityksissä. Investointi- ja energiakustannuslaskelmat on laadittu kiinteistöistä saatujen kulutus- ja kiinteistötietojen, seurakunnalle tehtyihin lämmityssaneeraustarjouksiin ja muualta hankittuun tietoon perustuen. Suurena apuna työn suorittamisessa ovat olleet

myös opinnot ja niiden kautta hankittu tieto Lapin ammattikorkeakoulussa. Tiedot saaduista tarjouksista ovat opinnäytetyön liitteinä. Insinööriyössä käsitellään niitä lämmitysvaihtoehtoja, joita kohtaan seurakunta ja kirkkovaltuusto ovat esittäneet mielenkiintonsa ja ovat kohteessa järkeviä ja toteutukseltaan mahdollisia.

Erilaiset lämmitysjärjestelmän toimintahäiriöt ja vikaantumiset ovat erittäin todennäköisiä tulevina vuosina monessa seurakunnan omistamassa kiinteistössä. Tämän vuoksi opinnäytetyön tekijän mielestä on tärkeää selvittää mahdollisimman puolueettomasti eri lämmitysvaihtoehtojen toteuttamismahdollisuudet ja investointi- sekä käyttökustannukset pitemmällä aikavälillä. Energiatarkastelun ja lämmitysratkaisujen kartoituksen tarkoituksena on helpottaa päätösten tekemistä sekä ohjata valintaa hankittuihin tietoihin ja LCC-analyysiin perustuen. Tavoitteena on saada käyttökelpoinen työkalu myös muiden seurakunnan kiinteistöjen energiasaneerauksien suunnitteluun.

Norvajärven leirikeskuksen rakentamisajankohtana lämmitysöljy oli halpaa ja öljylämmityksen vaivattomuus ohjasi osaltaan lämmitysmuodon valintaan. Öljyn litrahinta on kohonnut vuodesta toiseen eikä hinnankorotuspaineille pitkällä aikajänteellä tarkasteltuna näy loppua. Lisäksi nykytietämyksen mukaan maailman öljyvarannot hupenevat huomattavasti seuraavien vuosikymmenten aikana. Valtio pyrkii osaltaan verotuksen ja määräysten avulla rajoittamaan uusiutumattomien luonnonvarojen ja hiilidioksidipäästöjä lisäävien polttoaineiden käyttöä ja tämä nostaa entisestään lämmitysöljyn hintaa. Lisäksi valtio pyrkii ohjaamaan tukien avulla lämmitysremontteja uusiutuvan energian käyttöön ja samalla energiaa säästävään suuntaan.

Investointikustannuksiltaan maalämpöpumppujärjestelmä jossa lämmönkeruupiiri asennetaan porakaivoon, on melko hintava lämmitysjärjestelmä toisin kuin pelletti- ja ilma-vesilämpöpumppulämmitys. Toisaalta käytön helppous ja lopullisen lämpöenergian hinta suosii maalämpöjärjestelmiä. Ilma-vesilämpöpumppu- ja pellettijärjestelmä ovat puolestaan perustamiskustannuksiltaan edullisia, mut-

ta käytöltään kalliimpia energiantuotantojärjestelmiä. Pellettijärjestelmään kuuluu myös eniten huoltoa mm. nuohous, tuhkan poisto ja polttoainesiilojen täyttö. Pellettilämmitysjärjestelmästä tarkastelussa on yksi tarjous, maalämmöstä porakaivoon asennettuna tarjous on kahdelta toimittajalta ja ilma-vesilämpöpumpusta yksi tarjous. Maalämpöjärjestelmästä jossa lämmönkeruupiiri asennetaan järveen, käsittelen tarkemmin aiheen omassa osiossa.

Rakennuksen ja käyttöveden lämmitys aiheuttaa ympäristölle suuren rasituksen elinkaarensa aikana. Sähkön-, käyttöveden- ja lämmönkulutus aiheuttavat ison osan kiinteistöjen päästöistä ja samalla kustannuksista. Energian hinnan ja investointikustannusten ohessa lämmitysjärjestelmien ympäristökuormitus on noussut merkittävään asemaan valintapäätöksiä tehtäessä, johon myös seurakunnan ympäristöohjelmassa ohjeistetaan kiinnittämään erityistä huomiota.

Yksi työn tärkeimmistä tavoitteista on mahdollisimman selkokiehisen työn kirjoittaminen, jonka lukemiseen ja ymmärtämiseen ei tarvittaisi rakennus- tai energiatekniikan syvempää tuntemusta. Toivottavasti tähän tavoitteeseen myös päästään.

2 NORVAJÄRVEN LEIRIKESKUS

2.1 Leirikeskus

Rovaniemen seurakunta hankki 1960 Kuokkasen maatilaa Norvajärven rannalta leiritoimintaa varten. Kokonaispinta-alaltaan tila on 128 ha ja lisäksi tilaan kuuluu 72 ha yhteistä vesialuetta Norvajärvestä. Aluksi tilan rakennuksia käytettiin leiritoimintaan ja kulku paikalle tapahtui veneellä järven ylitse, kunnes 1968 alueelle rakennettiin tie. Matkaa leirikeskukseen Rovaniemen keskustasta tulee 25 km ja alueen suurimpina käyttäjäryhminä ovat nuoriso- ja lapsityö sekä diakonia. Vuosittainen kävijämäärä on noin 5000 ja pääpaino on kesällä järjestettävillä rippileireillä.

Nykyinen 1992 valmistunut Norvajärven leirikeskus on Matti Turpeisen suunnittelema laajennus aiempaan, vuonna 1974 valmistuneeseen leirikeskukseen. Tällä hetkellä leirikeskus on päärakennuksen (kuvio 1), lomamajan (kuvio 2), rantasaunan, kodan ja leirikirkon muodostama kiinteistökokonaisuus. Lisäksi paikalta löytyy uimaranta ja ulkoalueilta hyvät liikuntatilat lento-, kori- ja jalkapallokenttineen sekä luontopolun varrella oleva pienkoti. (Rovaniemen seurakunta).

2.2 Päärakennus

Kerrosalaltaan nykyinen päärakennus (kuvio 1) on 1353 m², huoneistoalaa kiinteistössä on 1254 m² ja tilavuutta 4310 m³. Kiinteistössä on majoitustilojen lisäksi luokka- ja kokoontumistiloja, ruokailutilat ja teollisuuskeittiö, henkilökunnan sosiaalitilat sekä iv-konehuone ja tekninen tila.

Majoitustilaa keskuksesta löytyy 80 yöpyjälle ja ruokasalissa on tilat 60 henkilölle. Lisäksi rakennuksessa on omat tilat emännälle ja leiriohjaajille, sekä toimistotilat. Pääkäyttö rakennuksella on toimia rippileirien pitopaikkana.



Kuvio 1. Päärakennus (Rovaniemen seurakunta)

2.3 Lomamaja

Lomamajalle (Kuvio 2) on lohkottu oma 13 ha tontti, johon on sijoitettu myös erillinen autotalli-varastorakennus. Kerrosalaltaan maja on 98 m², autotalli 44 m² ja tilavuudeltaan rakennukset ovat yhteensä 440 m³. Lomamajassa on tilat kuudelle majoittujalle ja autotallissa paikka yhdelle ajoneuvolle.



Kuvio 2. Lomamaja (Rovaniemen seurakunta)

2.4 Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmä

Tällä hetkellä leirikeskuksen lämmitysjärjestelmänä leirikeskuksen ja lomamajan osalta toimii öljylämmitys ja lämmönluovuttajina vesiradiaattorit (patterit). Päärakennuksen lämmin käyttövesi jolla lämmitetään myös majoitushuoneiden suihku- ja wc-tilojen lattiat, tuotetaan lämmönjakohuoneessa sijaitsevaan 4000 l vesivaraajaan sijoitetulla lämmönsiirtimellä (Kuvio 3). Lomamajassa on oma, sähköllä lämpiävä 300 litran lämminvesivesivaraaja. Rantasauna lämpiää suoralla sähkölämmityksellä ja myös siellä on oma sähkölämmitteinen lämminvesivaraaja. Saunan yhteisissä tiloissa on patterit ja saunaosastossa lattialämmitys.

Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän kiertovesiputkisto, varaaja ja patterit ovat alkuperäiset. Öljykattila on uusittu 2003 ja patteritermostaatit on uusittu 2011–12. Uusitun kattilan on valmistanut Thermia Oy, malliltaan se on Arimax Eetta 160LV ja teholtaan kattila on 160 kW. Lämminvesivaraaja on tilavuudeltaan 4000 litraa ja siihen on sijoitettu 4 kpl sähkövastuksia mahdollisia ongelmatilanteita varten. (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Leirikeskuksen öljykattila ja lämminvesivaraaja

Lämmitysjärjestelmään kuuluu myös päärakennuksen ulkopuolelle maahan sijoitettu alkuperäinen 20 m³ lasikuituvalmisteinen öljysäiliö.

2.5 Normitettu energiankulutus

Normitettu energiankulutus tarkoittaa sääkorjattua ja vertailukelpoista energiankulutusta. Yksikään vuosi ei ole samanlainen sääolosuhteiltaan toisen kanssa ja jos eri vuosien energiankulutuksia halutaan verrata keskenään, on käytettävä astepäivälukua eli lämmitystarvelukua. Laskettaessa jokaisen vuoden energiankulutusta täytyy laskussa käyttää kyseisen vuoden lämmitystarvelukua vertailupaikkakunnalla joka kohteessa on Sodankylä. (Taulukko 1.)

Lämmitystarveluku muodostuu joka vuosi sisä- ja ulkoilman vuorokausikeskiarvon lämpötilaerosta. Sisälämpötilan arvona vertailussa käytetään +17 °C:ta ja vertailuarvona käytetään vuosien 1981–2010 lämmitystarve-lukujen keskiarvoja. (Liite 1)

Taulukko 1. Toteutuneet lämmitystarveluvut (Ilmatieteenlaitos)

Vuosi	2009	2010	2011	2012
Lämmitystarveluku S	5518	6057	5108	5836
Lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, S_{vpkunta}	6180	6180	6180	6180

Vertailukelpoinen energiankulutus, eli normitettu energiankulutus lasketaan jokaiselle tarkasteluvuodelle kaavalla 1. Normituksessa pitää vähentää kokonaiskulutuksesta käyttöveden lämmitykseen tarvittava lämmöntarve, koska käyttöveden lämmitys ei ole riippuvainen ulkoilman lämpötilasta.

$$Q_{\text{norm}} = \frac{S}{S_{\text{vpkunta}}} * (Q_{\text{lämmitys}} - Q_{\text{lkv}}) + Q_{\text{lkv}} \quad (1)$$

Q_{norm}	on	vertailukelpoinen energiankulutus
S	on	lämmitystarveluku (Rovaniemi)
S_{vpkunta}	on	lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla (Sodankylä)
$Q_{\text{lämmitys}}$	on	öljyn kulutus, kWh/a
Q_{lkv}	on	lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh/a

Rovaniemen seurakunnan kiinteistöjen kulutukset tallennetaan kuukausittain nimetyn vastuuhenkilön toimesta Excel-taulukkoon. (Liite 2). Leirikeskuksen öljyn ja veden kulutukset ovat taulukossa 2 vuosilta 2009–2012. Öljynkulutus on kerrottu öljyn tehollisella lämpöarvolla 10 kWh/l, jolloin saadaan öljyn kulutus kilowattitunteina vuodessa.

Lämpimän käyttöveden määräksi olen arvioinut 40 prosenttia käyttöveden kokonaismäärästä. Tämä hieman normaalia korkeampi lämpimän veden osuus johtuu pääkäyttäjäryhmästä, nuorista rippileiriläisistä. Lisäksi majoitushuoneiden märkätilojen lattialämmitys hoidetaan käyttövesiputkistosta otetun lämmön avulla. Lämpimän käyttöveden kulutus on kerrottu 58 kWh/m³, joka on käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia vesikuutiota kohden kun veden lämpötilaero on 50 °C. (Krista 2012, 17–18.)

Taulukko 2. Energiankulutus vuosilta 2009–2012

Tarkasteluvuosi	2009	2010	2011	2012
Öljyn kulutus l/a	35 014	34 628	32 395	36 772
Öljyn kulutus kWh/a	35 0140	34 6280	32 3950	36 7720
Käyttövesi m³/a	1048	886	925	905
Lämmin käyttövesi m³/a 40 % käyttövedestä	419	354	370	362
Lämpimän käyttöveden kulutus kWh/a	24 302	20 532	21 460	20 996
Normitettu energiankulutus	293 619	339 798	271 479	348 420

3 ENERGIAN TUOTANTOTARKASTELU

3.1 Lämpöpumput

3.1.1 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumppu on energiatehokas ja etenkin porakaivo-toteutuksella perustamiskustannuksiltaan kohtalaisen kallis, mutta käyttökustannuksiltaan edullinen ratkaisu. Järjestelmällä voidaan tuottaa periaatteessa kaiken rakennuksen lämmitykseen ja käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia. Mikäli keruuputket voidaan sijoittaa vesistöön, voidaan perustamiskustannuksia alentaa ja samalla hyötysuhde hieman paranee.

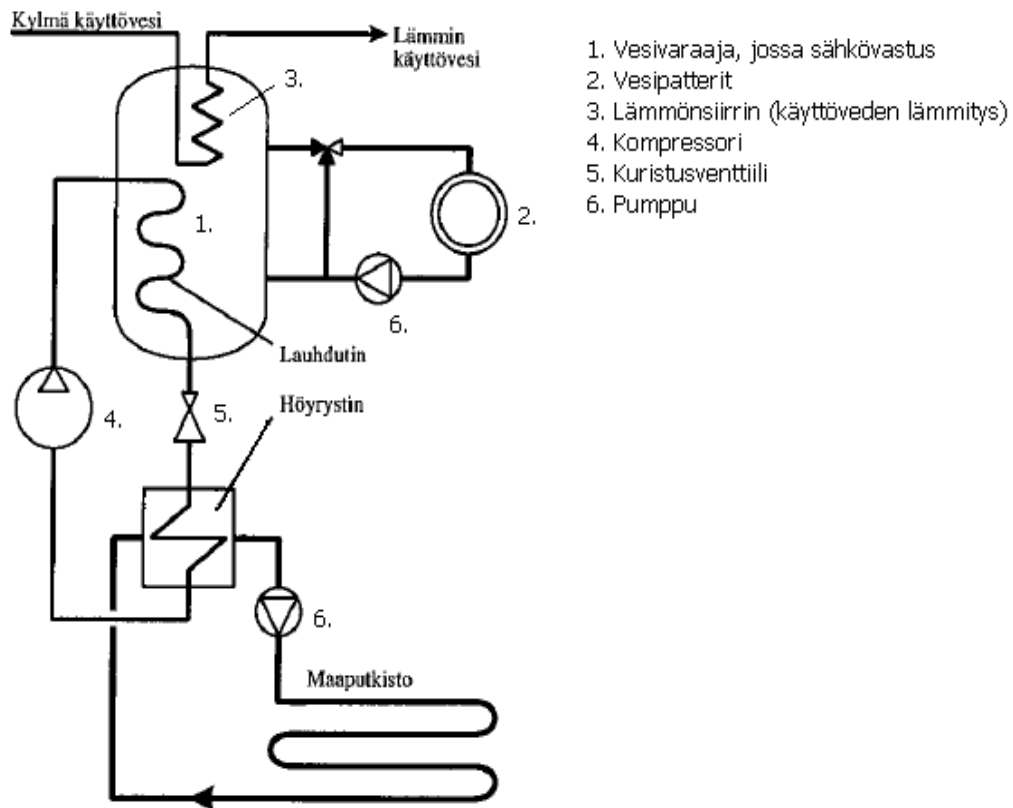
Maalämpöpumpulla maaperästä kerätty lämpö ei kuitenkaan välttämättä riitä lämmitykseen yksinään. Loppu tarvittavasta energiantarpeesta hoidetaan yleensä sähkövastuksilla tai kuten tässä tarkastelussa on suunniteltu, öljylämmityksellä. Varsinkin lämmityskauden huipputehontarpeet, talven kylmimmät päivät ja leirikeskuksen tapauksessa ajoittainen lämpimän käyttöveden huomattava tarve vaativat lisälämmitystä.

3.1.2 Maalämpöjärjestelmän toiminta

Maalämmöllä tarkoitetaan aurinkoenergiaa, joka on varastoitunut maaperään, kallioon ja vesistöön. Maalämpöpumppujärjestelmän avulla erilaisia järjestelmiä hyväksi käyttäen pystytään keräämään lämpöenergia hyötykäyttöön. Maalämpöjärjestelmän putkistossa, oli se sitten vaakatasossa kulkeva maaputkisto tai syvälle maahan porattu lämpökaivo, lämmönkeruunesteinä käytetään vesiglykoliseosta tai vesietanoliseosta. Jäätymisen estämiseksi keruuliuksen tulee kestää noin -15 °C lämpötilaa. Maaperää viileämpään vesi/alkoholi-liuokseen siirtyy maaperässä olevaa lämpöenergiaa. Maaperässä lämmennyt liuos johdetaan höyrytimeen, jossa liuksen lämpöä siirtyy höyrytimen toisiopuolelta virtaavaan kylmäaineeseen höyrystäen sen. Lämmönjakohuoneessa sijaitseva kompressorin puristaa höyrystyneen kylmäaineen korkeaan paineeseen ja lämpötilaan.

Korkeassa paineessa ja lämpötilassa oleva höyry siirtyy lauhduttimelle, jossa se luovuttaa lämpönsä varaajassa olevaan käyttöveteen tai lattialämmitysverkoston lauhtuen samalla nesteeksi. Seuraavaksi kylmäaine virtaa paisuntaventtiin, jossa sen paine äkillisesti laskee. Tämä johtaa kylmäaineen osittaiseen höyrystymiseen ja liuoksen lämpötilan voimakkaaseen laskuun.

Maalämpöpumpusta saadaan parempi hyöty irti, mikäli rakennuksessa on jo olemassa tai siihen asennetaan lattialämmitys. Tällöin vettä ei tarvitse lämmitää läheskään yhtä kuumaksi kuin tavanomaisissa vesipatterijärjestelmissä. Lattialämmityksen menoveden lämpötilaksi suositellaan korkeintaan 45 °C kun vesipattereihin lähtevä menovesi saattaa olla jopa 80 °C. (Seppänen 2011. 60–61.) Kuviossa 4 on esitetty peruseriaate maalämpöpumpun osista ja toiminnasta.



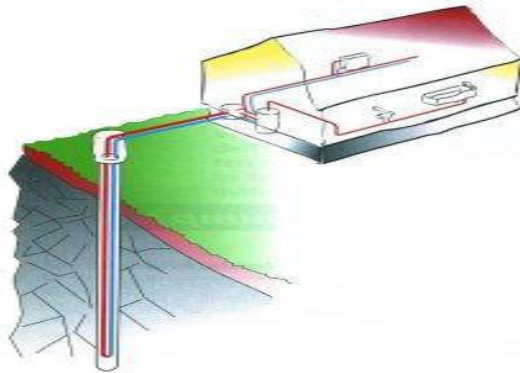
Kuvio 4. Maalämpöpumpputjärjestelmän osat (Leppäniemi, Kalema, & Perilä 1995)

3.1.3 Maalämpö porakaivosta

Maalämpöpumppu hyödyntää maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta auringon energiaa rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Lämpökaivon käyttö lämmönlähteenä perustuu pohjaveden ja peruskallion käyttöön lämmönsiirrossa. Lämpökaivosta saatava energian määrä riippuu kaivon veden tuotosta eli siitä kuinka runsaasti vesi siirtää lämpöenergiaa peruskalliosta. Putkisto sijoitetaan yleisimmin rakennuksen viereen porattavaan lämpökaivoon, joka on enintään 200 metriä syvä.

Porakaivoon sijoitettava lämmönkeruuputkisto soveltuu hyvin käytettäväksi myös pienillä kaupunkitonteilla, koska lämpökaivo ei vaadi tontilta pinta-alaa ja se voidaan porata lähelle rakennusta. Lämpökaivon aktiivisella syvyydellä tarkoitetaan kaivon sitä pituutta joka on kaikkina vuodenaikoina veden peitossa. Mikäli on tarve porata useampi reikä, kaivojen keskinäisen etäisyyden täytyy olla vähintään 10 metriä. Suositeltava etäisyys porareikien väliksi on 15 metriä. Norvajärvelle tehdyissä tarjouksissa on arvioitu, että 8-10 kpl 200 m:n kaivoja on riittävä määrä vaadittuun energiantarpeeseen.

Maalämmön hyödyntämiseen tarkoitetun kaivon poraaminen on muuttunut luvanvaraiseksi 1.5.2011. Luvanvaraisuus koskee myös maaperään tai vesistöön sijoitettavan lämmönkeruuputkiston asentamista. Lupa vaaditaan silloin kun rakennuksen lämmitysjärjestelmää vaihdetaan tai uusitaan maalämpöä hyödyntäväksi tai kun maalämpöä halutaan käyttää lisälämmönlähteenä. Toimenpidelupa ei koske uudisrakennusta, sillä uuden rakennuksen lämmitysjärjestelmät ratkaistaan rakennusluvan yhteydessä. (Porakaivo maalämmön lähteenä 2011.) Kuviossa 5 on esitetty lämpökaivon toimintaperiaate.

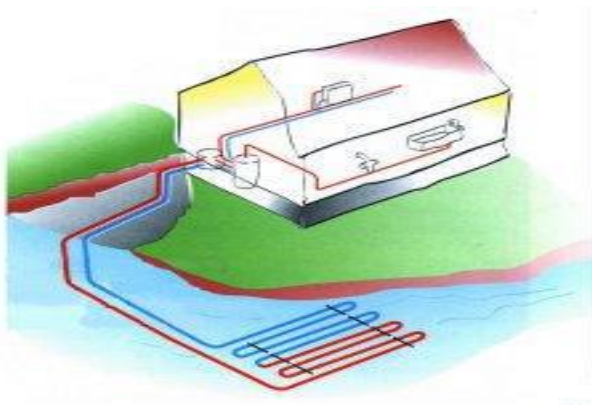


Kuvio 5. Porakaivon toimintaperiaate (Holappa 2011, 23)

3.1.4 Maalämpö vesistöstä

Vesistölämpö on hyvä vaihtoehto jos rakennuksen välittömässä läheisyydessä on tähän tarkoitukseen soveltuva vesistö. Huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella vesistöön sijoitettu lämmönkeruuputkisto on energiataloudellinen ja kustannustehokas ratkaisu. Suuret maalämpöjärjestelmät jotka vaativat useita kilometrejä lämmönkeruuputkistoa ovat usein kustannustehokkaampia toteuttaa vesistölämpönä niin, että lämmönkeruuputkistot sijoitetaan vesistön pohjaan. (Senera Oy. Maalämpö).

Tämä on tarkasteltavassa kohteessa kunnossa, sillä seurakunnalla on osuus Norvajärven yhteisiin vesialueisiin yhteensä 72 ha osalta. Kuviossa 6 on esitetty vesistöön upotettavan lämmönkeruuputkiston asennusperiaate.



Kuvio 6. Vesistö lämmönlähteenä. (Holappa 2011, 20)

Useimmat vesistöt soveltuvat hyvin vesistölämpölähteiksi ja vesistölämmön hyödyntäminen edellyttää vesistön haltijan lupaa. Lämmönkeruuputkisto rajoittaa vesistön käyttöä vain siten, ettei lämmönkeruuputkiston alueelle voi ankkuroida venettä, koska ankkuri voi tarttua kiinni lämmönkeruuputkistoon. Ankkuria ylös nostettaessa voi lämmönkeruuputkisto vaurioitua. Lisäksi vesistön on oltava tarpeeksi syvää, koska vaarana on vesistön jäätymisestä pohjaan asti lämmönkeruuputkiston alueella. Sopiva syvyys on noin 2 metriä tai syvempi. Tämä on suurin ongelma tarkastelukohteessa, koska vesistö johon putkisto olisi mahdollista sijoittaa, on noin metrin syvyistä.

Pohjan laatu ei merkittävästi vaikuta vesistölämpöratkaisun toteuttamiseen. Pohjan laadulla on vaikutusta lähinnä siihen, mikä lämmönkeruuputki valitaan. Mikäli vesistön pohja on pehmeä ja sedimenttikerros on paksu, soveltuvin putkityyppi on tavanomainen 40 mm lämmönkeruuputki, jonka seinämävahvuus on 2,4 mm. Mikäli vesistön pohja on kivikkoinen, voidaan vuotoriskin minimoimiseksi käyttää paksumpiseinäisiä putkia, jotka tyypillisesti ovat 10 baaria paine-luokiteltuja vesijohtoputkia. Tämän tyyppisen putken seinämän paksuus on noin 5 mm, jolloin vuotoriski on erittäin pieni ja vesistölämpöratkaisu luotettavin mahdollinen.

Lämmönkeruuputkisto ei saa jäätä vesistön jääpeitteeseen kiinni, koska jääpeite voi liikkuessaan vaurioittaa lämmönkeruuputkistoa. Lämmönkeruuputkisto tulee viedä vesistöön vesirajan ylä- ja alapuolelle maahan kaivettua kanaalia pitkin, jolloin lämmönkeruupiiriä suojaa jääpeitteen liikkumiselta paksu maakerros. Kallioinen ranta vaatii huolellista suunnittelua vesistölämmön toteutuksessa ja lämmönkeruuputkiston viemistä riittävän syvälle.

Vesistölämmön suunnittelussa täytyy kiinnittää erityistä huomiota lämmönkeruuputkiston painoihin, joiden massan tulee olla riittävän suuri pitämään keruuputkisto tukevasti vesistön pohjasedimentissä. Lämmönkeruujärjestelmä saattaa kerätä ympärilleen jäätä, jolla on lämmönkeruuputkistoa nostava vaikutus. Lämmönkeruuputkisto voi nousta riittämättömien painojen vuoksi vesistön pintaan tai jääpeitteen alapintaan, jolloin se on vaarassa vaurioitua jääpeitteen liik-

kumisen myötä. Sopiva painojen määrä on noin 5 kg betonipainoja jokaista putkimetriä kohden.

Porakaivoon sijoitetun lämmönkeruuputkiston lämmöntuotto-ominaisuudet tunnetaan tarkoin, mutta vesistöön sijoitetun lämmönkeruuputkiston lämmöntuotto-ominaisuuksiin vaikuttavat vesistön pohjan laatu, pohjasedimentin lämpötila ja veden virtaus. Tämän vuoksi vesistöön sijoitettava lämmönkeruuputkiston mitoitus tehdään kertoimella 1,5 porakaivoon verrattuna. 200 metriä syvässä porakaivossa on lämmönkeruuputkea 400 metriä eli vastaava toteutus vesistölämpönä vaatii noin 600 metriä lämmönkeruuputkea.

Pienempi määrä lämmönkeruuputkea laskee lämmönkeruunesteen lämpötilaa, mikä laskee maalämpöpumpun hyötysuhdetta. (Senera Oy, Maalämpö). Norvajärven tapauksessa putkistoa tarvittaisiin noin kuusi kilometriä riittävän energian varmistamiseksi. Lisäksi pitäisi huomioida noin 200m putkistoa lämmönjako- huoneesta rantaan ja takasin lämpöhäviöinä.

Koska vesistö johon lämmönkeruuputkisto olisi mahdollista asentaa, on liian matalaa ja upotus syvemmälle käytettävissä olevilla resursseilla on mahdotonta, päätin jättää tämän vaihtoehdon pois lopullisesta vertailusta.

3.1.5 Ilma-vesilämpöpumppu

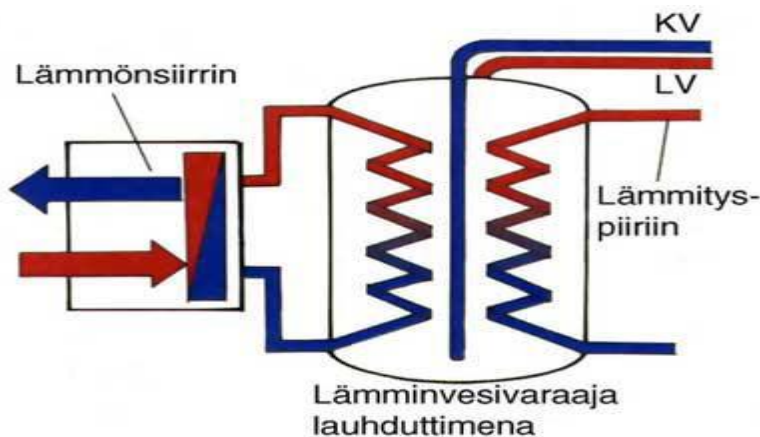
Ilma-vesilämpöpumppujen kehitys on nostanut sen mielenkiintoiseksi vaihtoehdoksi mietittäessä energiasaneerauksia. Lämmitykseen käytettävän öljyn epävarmat tulevaisuuden näkymät ja jatkuvasti kohoava hinta eivät enää puolla öljylämmityksen uusimista, mutta yhdistettynä muihin tarkastelun alla oleviin järjestelmiin se voi olla yhä kannattava investointi. (Perälä & Perälä 2013, 38.)

Ilma-vesilämpöpumpussa lämmönkeruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitetun puhallinhöyrystinyksikön avulla. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa ja noin $-20\ldots -25\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaa kylmemmissä oloissa lämpöpumpun automatiikka yleensä sammuttaa laitteen. Lämmön luo-

vutus tapahtuu lauhdutin-lämmönsiirtimessä joko käyttöveden esilämmittämiseen tai lämmitysverkoston veteen. (Perälä & Perälä 2013, 29–40.)

Järjestelmän haittana on, että se vaatii suurimman mahdollisen energiankulutuksen mukaan mitoitettun rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän ja koska juuri kylmimmällä säällä lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Hankintakustannus on toisaalta maalämpöpumppua huomattavasti edullisempi, joten se soveltuu alentamaan lämmityskustannuksia etenkin silloin kun ulkolämpö-tila on korkeampi kuin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Vuositasolla lämpökerroin vaihtelee huomattavasti ulkolämpötilan funktiona asettuen välille 1,5 – 2,0. Haittana on ulkona olevan höyrystinyksikön puhallinääni ja ajoittainen höyrystinpatterin tarvitsema sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerrointa. Kuviossa 7 on ilma-vesilämpöpumpun kaaviokuva. (Ulkoilmalämpöpumppu 2011.)



Kuvio 7. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate (Ulkoilmalämpöpumppu 2011)

3.2 Pelletti

Pellettilämmitys käyttää puolestaan uusiutuvaa kotimaista energiaa ja nykyaikaista automatiikkaa hyödyntävät lämmityslaitteet toimivat ilman valvontaa. Pellettilämmitysjärjestelmä tarvitsee muihin lämmitysjärjestelmiin nähden paljon tilaa. Jo yksin pellettien säilytys tarvitsee kohtalaisen suuren pellettisiilon, etenkin kun kyseessä on Norvajärven leirikeskuksen kaltainen suuri rakennus. Vaik-

ka pellettilämmitys tarvitsee paljon tilaa, ei pelletin polttamisesta muodostu suuria määriä tuhkaa. 1000 kg:sta pellettiä muodostuu vain noin 5 kg tuhkaa. (VA-PO Pellettikirja, 10.)

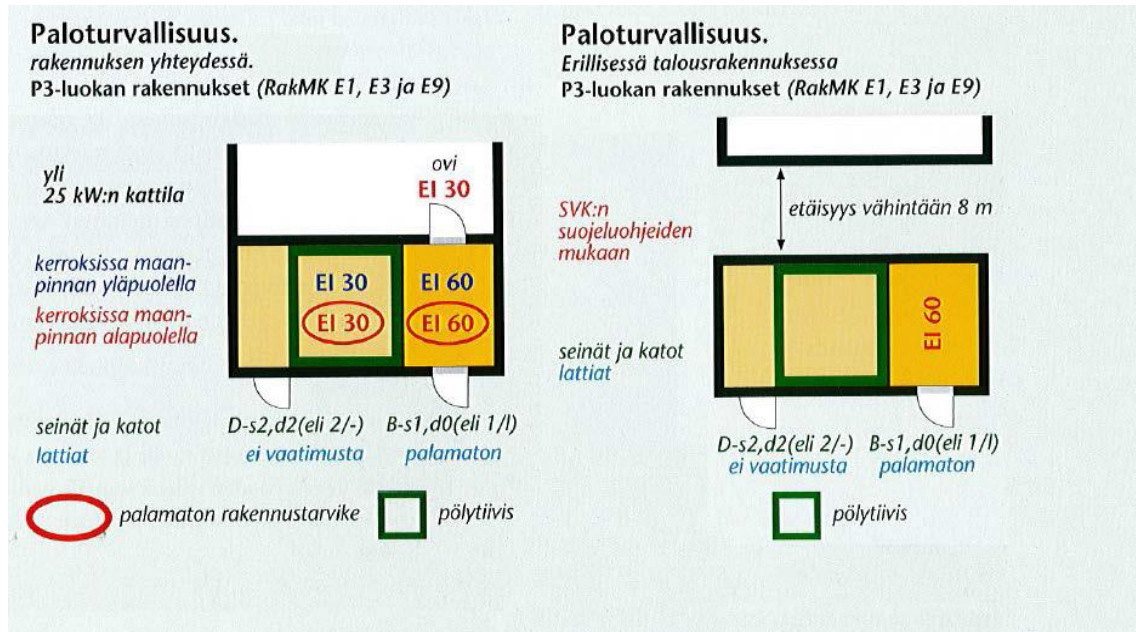
Joillakin pelletintoimittajilla on tarjolla valmiita sopimusmalleja joilla pyritään ulkoistamaan energiantuotanto. Sopimukseen on mahdollista sisällyttää laitteiston huolto ja pellettien toimitus. Lämpösopimus on varteenotettava vaihtoehto jos huoltohenkilöstö ei ole riittävää osaamista pellettilaitoksen toiminnasta ja huoltamisesta tai heitä ei muista syistä haluta sitouttaa järjestelmän ylläpitoon. (Pellettilämmitys 2010.)

Leirikeskuksessa on riittävästi tonttialaa pellettikontin asennuspaikaksi ja rajatakseni opinnäytetyötäni käsittelen siksi vain erillistä konttiratkaisua lämpösopimuksella. Konttiratkaisuun päädyttiin sen helppouden, huollettavuuden ja saadun tarjouksen sisällön vuoksi.

3.3 Viranomaisasiat ja luvat

Paloturvallisuus on oleellisimpia asioita kun suunnitellaan pellettilaitosta. Paloturvavaatimukset on hyvä varmistaa paikalliselta palotarkastajalta, koska hänellä on tulkintavalta palotarkastusta tehtäessä. Paloviranomaiset suosittelevat mielellään erillistä konttivaihtoehtoa, koska tulipalotilanteessa sammutustyö on helpointa.

Suojaetäisyyttä kontin ja rakennuksen välillä tulisi olla vähintään 8 metriä. Jos näin ei ole, joudutaan kontin seinät rakennuksen puolelta katsottuna rakentamaan vastaamaan paloluokkaa EI60. (kuvio 8.)



Kuvio 8. Pellettilaitoksen paloturvallisuus (Pellettilämmitys 2010)

Kuviosta 8 voidaan havaita, että erillisen konttiratkaisun kohdalla paloturvallisuusmääräykset ovat lievempiä kuin pellettilämmitysjärjestelmän ollessa osa rakennusta. Palo saadaan pysymään erillisessä rakennuksessa, jolloin siitä ei ole välitöntä vaaraa ihmisille. Erilliseen konttiratkaisuun päätymistä puoltaa myös asennuksen helppous kohteessa jossa ei ole valmiita tiloja järjestelmän vaatimuksille.

4 ENERGiantuotantojärjestelmien kannattavuus

4.1 Taustatietoa

Energiantuotantojärjestelmien taloudellisen kannattavuuden arvioinnissa on huomioitava järjestelmän investointikulujen lisäksi energianlähteen ja polttoaineen hinta sekä pyrittävä arvioimaan huolto- ja ylläpitokustannukset. Näiden lisäksi järjestelmän tekninen käyttöikä vaikuttaa kannattavuuteen pitkällä aikavälillä osoittaen sen, kuinka usein järjestelmä laskennallisesti joudutaan uusimaan kokonaisuudessaan. Teknisen käyttöiän määrittäminen on kuitenkin monessa tilanteessa ongelmallista, sillä todellisuudessa järjestelmän käyttöikään vaikuttaa voimakkaasti laitteiston huollon ja ylläpidon suorittaminen. Kiinteistön tai pientalon asukas voi järjestää laitteiston huollon joko solmimalla huoltosopimuksen asiantuntevan huoltoyhtiön kanssa tai vastaavasti suorittaa itse suositellut huoltotoimet.

Lämmöntuotantokustannukset jaetaan kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin. Kiinteitä kustannuksia ovat vuotuiset pääomakustannukset sekä vuotuiset vakuutus- ja muut samantyyppiset maksut. Kiinteät kustannukset aiheutuvat lähes samansuuruisina joka vuosi riippumatta laitteistolla vuosittain tuotetusta lämpöenergian määrästä. Muuttuvat kustannukset sitä vastoin riippuvat tuotetusta lämpöenergian määrästä ja koostuvat tyypillisesti polttoainekustannuksista, käyttö- ja hoitokustannuksista sekä omakäyttösähköstä. Energian keskihinta eli kiinteistön omistajan maksama kokonaishinta muodostuu yhteensä näistä muuttuvista ja kiinteistä kustannuksista.

Vuotuiset rahoituskustannukset eli laiteinvestointeja varten otetun mahdollisen lainan hoitokulut ja lainan lyhennykset on selkeintä käsitellä annuiteettimenetelmää käyttäen. Annuiteettimenetelmä sopii hyvin vertailevaan investointilaskentaan kun pääoman suuruus, korkokanta ja investoinnin poistoaika suurin piirtein tunnetaan. Annuiteettimenetelmässä kiinteistön omistajalle aiheutuu laskennallisesti samansuuruisen lyhennyserä joka vuosi. Annuiteettimenetelmää voidaan kutsua myös tasaerä-poistoksi. Tässä kappaleessa esitetyissä laskel-

missä on käytetty investointien poistoaikana 25 vuotta ja lainarahan korkokantana on käytetty 2,8 %. (Liite 3.)

Kannattavuuden tarkastelun yhtenä tärkeänä perusteena on takaisinmaksuaika (TMA). TMA ilmaisee, missä ajassa kalliimpi investointi on maksanut itsensä takaisin edullisimpina käyttökustannuksina. Tämän ajan jälkeen investoinneillaan kalliimpi lämmitysjärjestelmä alkaa tuottaa voittoa käyttökustannusten erotuksen verran vuosittain. Toisena tärkeänä kannattavuuden perusteena on sijoitetun pääoman korko. Sijoitetun pääoman korko osoittaa, paljonko lämmitysjärjestelmään investoinut kiinteistön omistaja saa vuosittain korkoa pääomalleen. Tämä sijoitetun pääoman korko lasketaan kalliimman ja halvimman vertailtavan järjestelmän investoinnin välirahalle. Kolmantena tärkeänä kannattavuuden mittarina voidaan pitää tuottoa. Tuotto voidaan määrittää vuositasolla vertailtavien järjestelmien edullisimmalla ja kalleimmalla polttoaineella tuotetun lämpöenergian kustannusten erotuksena.

4.2 Elinkaarikustannukset

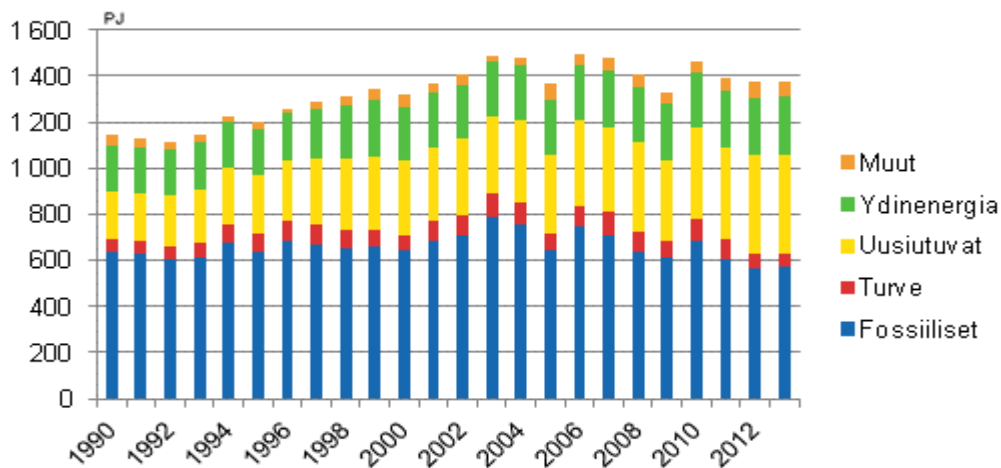
Norvajärven leirikeskuksen energiahuoltovaihtoehtojen elinkaarikustannuslaskentaa lähestytään samantyyppisellä näkökulmalla kuin hiilijalanjäljen määrittämisessä. Huomioon pyritään ottamaan kaikki kustannuksiin merkittävimmin vaikuttavat tekijät ja laskemaan niiden avulla vaihtoehtojen vuotuiset kustannukset. Kustannuslaskennassa huomioidaan polttoaineiden ja sähköenergian hinta sekä lämmöntuotantolaitteiden investointi- ja huoltokustannukset.

Kaikille investoinneille lasketaan vuotuinen kustannus annuiteettimenetelmällä käyttäen investoinnin poistoaikana kunkin kulukohteen teknistä käyttöikää. Elinkaarikustannukset laskettiin vuotuisiksi kuluiksi rakennukseen johdetulle lämpöenergialle. Investointi- ja huoltokustannuksia kerättiin laite- ja materiaalitoimittajilta sekä muista alan lähteistä. Peruslaskennassa polttoaineiden ja sähköenergian hintoina käytettiin kevään 2014 markkinahintatasoa.

4.3 Rakennukset ja energiankäyttö

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2013 energian kokonaiskulutus Suomessa oli 1,37 miljoonaa terajoulea (Taulukko 3). Kulutus oli säilynyt suunnilleen samalla tasolla kuin vuonna 2012. Sähkön osuus kulutuksesta oli 84 terawattituntia ja se oli laskenut prosentin edellisvuodesta. Fossiilisten polttoaineiden osuus kasvoi kaksi prosenttia ja uusiutuvien energialähteiden käyttö laski yhden prosenttiyksikön vuodesta 2012. Puupolttoaineiden osuus säilyi suurimpana energianlähteenä.

Taulukko 3. Energiankulutus vuosilta 1990–2013 (Tilastokeskus)



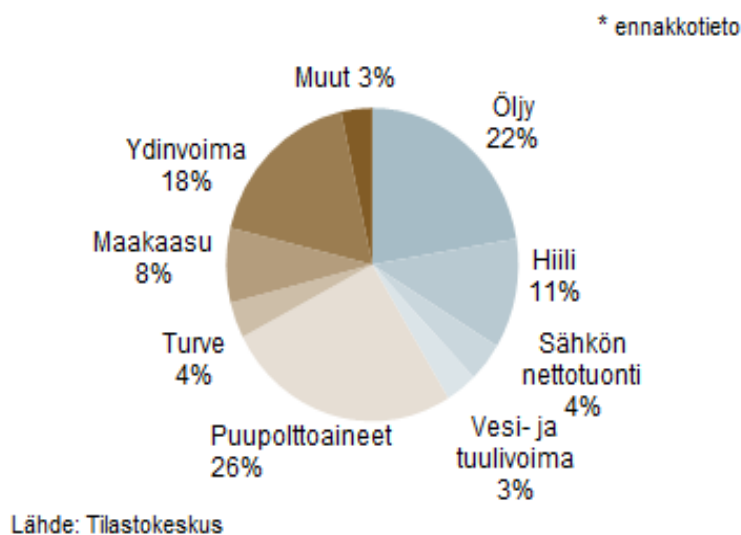
Kokonaiskulutuksesta uusiutuvan energian osuus oli 31 % ja se oli pienempi kuin vuonna 2012. Suurinta lasku oli vesivoiman käytössä (-24 %) ja suurin kasvaja oli metsähake (+5 %). EU:n tavoitteet uusiutuvalle energialle määritellään suhteessa energian kokonaisloppukulutukseen. Saatavissa olevien ennakkotietojen mukaan uusiutuvien energialähteiden osuus on näin laskettuna vuonna 2013 arviolta 35 %.

Vuonna 2013 oltiin jo lähellä Suomen 2020 asettamaa tavoitetta 38 % uusiutuvan energian osuudesta energian loppukulutuksesta. 2013 kokonaisenergiankulutuksesta rakennusten lämmityksen osuus oli 25 %, liikenteen 16 %, teollisuuden 46 % ja muun kulutuksen 12 %. (Tilastokeskus.)

Lämpimän loppuvuoden vuoksi rakennusten lämmitysenergian kulutus laski yli kuusi prosenttia edellisvuodesta. Liikenteessä ja teollisuudessa kasvua oli noin yksi prosentti. Taulukossa neljä on esitetty energian kokonaiskulutus vuonna 2013 energialähteittäin ja se perustuu tilastokeskuksen ennakkotietoihin. (Energian kokonaiskulutus - Motiva.)

Taulukko 4. Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin vuonna 2013 (Tilastokeskus)

Energian kokonaiskulutus Suomessa energialähteittäin vuonna 2013*



Uusiutuvien energialähteiden käyttövelvoitteen saavuttamiseksi on rakennuksiin ja asumiseen tarvittava lämpö- ja sähköenergia entistä suuremmassa määrin pyrittävä tuottamaan uusiutuvalla energialla. Erityisenä tarkastelun kohteena tässä työssä ovat hajautettuun energiantuotantoon soveltuvat ja uusiutuvia energialähteitä hyödyntävät energiatuotantoteknologiat. Edellä mainittuja energiantuotantovaihtoehtoja on runsaasti ja niiden käyttöönotto varsinkin Keski-Euroopassa on ollut runsasta teknologioihin kohdistuneiden voimakkaiden tukimuotojen johdosta.

Jotta uusiutuvan energian käyttöosuuden lisääminen rakennusten energiahuollon osalta toteutuisi, tarvitaan käyttöönoton kannustimeksi riittävä taloudellinen tuki sekä teknisesti toimivat energiatuotantomenetelmät. Voimaan tulleiden

syöttötariffien oletetaan toimivan kannustimena pienen teholuokan energiantuotantolaitosten investointien käynnistymiseksi.

Rakennusten lämmitysenergiatarpeen pienentämiseksi rakentamismääräyksiä on jatkuvasti kiristetty. Tavoitteena on, että uudisrakennuksien osalta päästään matalaenergiarakentamisesta nopealla aikataululla passiivienergiatalon kriteerit täyttäviin ratkaisuihin. Rakennusten lämmitysenergiatarpeen pieneminen, lämpimän käyttöveden tuottamiseen tarvittavan energian suhteellisen osuuden kasvaminen ja toisaalta pyrkimys matalalämpötilatasoisen lämmitysenergian käyttöön vaikuttaa merkittävästi kohteeseen teknistaloudellisin perustein tehtävään energiantuotantovaihtoehdon valintaan.

Tunnusomaista on, että matalaenergiarakennuksissa investointivaltaisten lämmitysmuotojen kilpailukyky laskee. Rakennuksiin ja asumiseen kohdistuvien energiansäästö- ja energiatehokkuustavoitteiden kannalta ongelmallisia ja haasteellisia kohteita ovat hitaasti uusiutuva vanha rakennuskanta sekä asujien käyttötottumuksiin vaikuttaminen.

4.4 Kansalliset velvoitteet

Maapallon kokonaisenergiatarpeesta tuotettiin uusiutuvilla energioilla vuonna 2006 noin 13 % (Energy Vision 2050, 19). Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus primäärienergian käytössä vuonna 2013 oli noin 31 %. Uusiutuvan energian velvoitepaketti edellyttää Suomen nostamaan uusiutuvan energian osuuden energian loppukäytöstä 38 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tavoitteet ja tarvittavat ohjauskeinot on eritelty kolmelle sektorille; uusiutuvat energiat sähköntuotannossa, uusiutuvat energiat lämmityksessä ja jäähdytyksessä sekä uusiutuvat energiat liikenteessä.

Kestävän kehityksen mukaisesti keskeisenä tavoitteena on päästöjen vähentäminen ja rajallisten luonnonvarojen säästäminen. Tavoitteiden saavuttamiseksi on EU:n tasolla laadittu ja hyväksytty joukko energian tuotantoa ja käyttöä koskevia sopimuksia ja velvoitteita, jotka on jyvitetty toteutettavaksi jäsenvaltioissa.

Suomessa kansallisten velvoitteiden toteuttamiseksi toimintoja pyritään ohjaamaan eri osa-alueita koskevien lakien, asetusten ja määräysten avulla. Toisaalta uudistusten toteuttamisen edistämiseksi on suunniteltu ja osittain jo käytöön otettu erilaisia kannustimia investointi- ja tuotantotukien muodossa.

Vuonna 2008 Suomessa laadittiin direktiivin 2009/28/EY velvoitepakettiin liittyen pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian, joka sisälsi muun muassa uusiutuvan energian velvoitepaketin (RES-direktiivi) sekä kasvihuonekaasujen rajoittamisvelvoitteen. Tämän lisäksi asetettiin yleisiä tavoitteita primäärienergian säästämiseksi ja prosessien, laitteiden ja kojeiden energiatehokkuuden parantamiselle. Taulukossa 5 on Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisema uusiutuvan energian velvoitepaketti, jossa on esitetty suunnitelma uusiutuvien energialähteiden osuuden nostamiseksi loppukulutuksesta vertailuvuoden 2005 28,5 prosentin tasosta 38 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010).

Taulukko 5. Työ- ja elinkeinoministeriö; uusiutuvan energian velvoitepaketti 2010 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010)

UUSIUTUVAT ENERGIALÄHTEET, TWh			
Primäärienergiana	2005	2020	Muutos, TWh 2005->2020
Teollisuuden tuotannosta riippuvat polttoaineetjäteliemet ja teollisuuden tähdepuu)			
Jäteliemet	37	36	1,1
Teollisuuden tähdepuu	20	19	-1,8
Yhteensä	57	56	-0,7
Politiikkatoimien kohteena olevat primäärienergiana			
Vesivoima, toteutunut	13,4	14	0,6
Tuulivoima	0	6	5,8
Metsähake	6	25	18,9
Puun pienkäyttö	13	12	-0,5
Lämpöpumput	2	8	6,1
Liikenteen biopolttoaine	0	7	6,5
Biokaasu	0	1	0,7
Pelletit	0	2	1,6
Kierrätyspolttoaineet, RES-osuus	2	2	0,7
Muut uusiutuva, aurinkolämpö, aurinkosähkö jne.	0,4	0,4	0
Yhteensä	37	77	40
Uusiutuva energia primäärienergiana, yhteensä	94	134	
Uusiutuva energia loppukulutuksessa	87	124	37,5
Energian loppukulutus	303	327	23,6
Uusiutuvan osuus loppukulutuksesta, toteutunut/arvio	28,5 %	38 %	9,50 %

5 POHDINTA

5.1 Tavoitteet ja tarjoukset

Opinnäytetyön tärkeimpänä tavoitteena on selvittää, mikä vertailtavista lämmitysvaihtoehdoista olisi kokonaiskustannuksiltaan edullisin vaihtoehto. Samalla pyrin täyttämään tilaajan antamat reunaehdot käyttöasteen ja muiden oleellisten seikkojen osalta. Norvajärven leirikeskuksen vertailtaviksi järjestelmiksi valitsin pelletti- ja ilma-vesilämpöpumppulämmityksen sekä maalämpöpumpun lämmönkeruupiiri porakaivoasennuksena. Lisäksi tarkastelussa on mukana hybridi-lämmitys, jossa hyödynnetään nykyistä öljylämmitystä jonkin vertailtavan vaihtoehdon rinnalla.

Laskin jokaisesta järjestelmästä saatujen tarjousten perusteella nykyarvon LCC-menetelmää hyväksi käyttäen. Kun tätä hanketta lähdetään toteuttamaan, tulee tarjouksia pyytää ehdottomasti useammilta eri toimittajilta. Tähän työhön pyydettyillä tarjouksilla olen halunnut selvittää vain hinta-arviot kyseisistä järjestelmistä, en etsiä edullisinta järjestelmän toimittajaa. Lisäksi painottaisin pätevän LVI-suunnittelijan valitsemista, että valittu järjestelmä saadaan toimimaan moitteettomasti nykyisen järjestelmän rinnalla.

Pellettilämmityksestä pyysin tarjouksen APV-Bioaate Oy:tä ja ilma-vesilämpöpumpusta LVI-Lämsältä. Maalämpöjärjestelmästä porakaivovaihtoehdolla on kaksi tarjousta, Insinööritoimisto Warmalämpö Oy:tä ja LVI-Lämsältä. Pellettijärjestelmän APV-Bioaate Oy tarjosi itävaltalaisella Fröling-yhtymän laitteistolla. Warmalämpö tarjosi edustamansa Lämpöässä järjestelmän ja LVI-Lämsä Oilonin maalämpöpumppujärjestelmän. Ilma-vesilämpöpumpun toimittajana olisi Scanoffice ja asennuksesta vastaisi LVI-Lämsä. Tarjoushinnat eri järjestelmille löytyvät liitteenä olevasta lämmitystapa-vertailusta (liite 3).

Huomioitavaa laskelmissa on, että lähes kaikissa tarjouksissa järjestelmät on mitoitettu osateholle (n. 80 %) ja vanha öljylämmitys jää rinnalle tasaamaan lämmitys- ja käyttövesihuippuja. Tämä onkin mielestäni järkevää huomioiden kohteen alhaisen käyttöasteen, joka on noin 25 %. Lämpöässä tarjoaa myös tehokkaampaa 120 kW:n ja investointikustannuksiltaan noin 20 000 € kalliimpaa maalämpöjärjestelmää. Tämä järjestelmä yhdessä sähkövastusten kanssa riittäisi tarjouksen mukaan kattamaan kulutustietojen mukaisen lämmitystarpeen ilman vanhaa järjestelmää. Toisaalta myös pellettijärjestelmä on mitoitettu 120 kW:n järjestelmälle, ja se vaatisi tarjouksen mukaan rinnalle öljylämmityksen huippuja tasaamaan.

5.2 Järjestelmien vertailu

5.2.1 Pellettijärjestelmä

Pellettijärjestelmän tarjous sisälsi Fröling P4 2 x 60 kW pellettikattilat, ulkoisen kontin ja sen maisemoinnin asennuksineen sekä käynnistämisen tarvittavat säädöt. Paloeristetty kontti sisältää kaiken järjestelmän tarvitseman tekniikan, mm. pellettisiilon syöttö- ja annostelujärjestelmän, savupiipun tuulettimiseen ja etäluettavan valvontaohjelman. Lisäksi tarjoukseen sisältyy huoltohenkilöstön koulutus. Asiakkaalle jää kontin perustan tekeminen perustamistöineen annettujen ohjeiden mukaan. Perustamiskustannukset on huomioitu kustannusvertailussa.

Kattiloille toimittaja antaa 5–10 vuoden takuun ja se edellyttää huoltosopimuksen tekemistä, joka on huomioitu kustannuslaskelmissa. Savupiipulle annetaan 30 vuoden takuu ja toimitusajaksi järjestelmälle luvataan 12–16 viikkoa tilauksesta. Nykyisillä polttoöljyn hinnoilla takaisinmaksuajaksi hybridijärjestelmälle toimittaja arvioi alle neljä vuotta.

Pellettijärjestelmän eduksi verrattaessa sitä maalämpöön voidaan lukea kiertoveden korkeampi lämpötila ilman ylimääräisiä tukitoimia. Tällä voidaan taata vanhan patterijärjestelmän toimivuus myös kovemmilla pakkasilla. Myös vähäi-

set muutostyöt lämmönjakohuoneessa puoltavat järjestelmän kannattavuutta. Lisäksi suunnitelmassa hyödynnettäisiin vanhaa lämminvesivaraajaa puskurivaraajana, mikä parantaa järjestelmän toimivuutta.

Pellettijärjestelmä vaatii muita järjestelmiä enemmän huoltoa ja työtä toimiakseen moitteettomasti. Koska toimitukseen kuuluu optiona laitetoimittajan huoltosopimus pitkällä takuulla ja leirikeskuksessa on päätoiminen talonmies, en usko tästä muodostuvan ongelmaa. Myös polttoaineen hinnan kehittyminen tulevaisuudessa on yksi riskitekijä järjestelmään päädyttäessä. Toisaalta pellettijärjestelmien yleistyessä kiristynvä kilpailu pitää yleensä hinnat maltillisina.

5.2.2 Maalämpöjärjestelmä porakaivoasennuksena

Maalämpöjärjestelmässä ongelmia voi aiheutua siitä, miten saadaan järjestelmän vaatimat tulistusvaraajat ja maalämpöpumppu sovitettua lämmönjakohuoneeseen. LVI-Lämsän tarjouksessa 1500 ltr varaajia tulisi 2 kpl halkaisijaltaan 1250 mm ja Lämpöässä 1 kpl 4000 ltr varaaja. Tarjouksissa ei ole huomioitu miten olemassa olevaa 4000 ltr varaajaa, jossa sähkövastukset ovat valmiiksi asennettuna, voitaisi hyödyntää järjestelmien suunnittelussa. Hyödyntäminen vaikuttaisi kustannuksia alentavasti ja yksinkertaistaisi asennustyötä.

Kahdeksasta kymmeneen kappaletta lämpökaivoja vaatii myös tarkkaa suunnittelua, etteivät ne sijoitu liian lähelle toisiaan. Kova tehontarve porakaivoista aiheuttaa helposti maaperän jäähtymistä laajalta alueelta ja aiheuttaa näin huomattavaa tehon laskua. Kohteessa olisikin hyvä suorittaa energiakentän mittaus ennen lopullista suunnittelua maaperän ominaisuuksien selvittämiseksi. Näin voitaisiin varmistua tarvittavien kaivojen lukumäärästä ja sijoituksesta. Suositus on, että nykytekniikalla mittaus kannattaa tehdä jos kaivoja tulee viisi tai enemmän. Lisäksi on hyvä selvittää, voisiko lämpökaivojen syvyyttä kasvattaa ja näin vähentää reikien määrää.

Energiakentän riittävydestä voidaan varmistua mittaamalla kallion ominaisuuksia ja saatujen tulosten perusteella simuloida kentän käyttäytymistä tulevien käyttövuosien aikana. Helpoiten tämä selviää TRT-mittauksella (Thermal Response Test), jossa porareiässä olevaa keruunestettä kierrätetään ja näin saadaan selville kallion peruslämpö. TRT-mittauksia Suomessa suorittaa tällä hetkellä kaksi toimijaa, Geologian tutkimuskeskus GTK ja Rototec Consulting Oy. Tärkeää on käyttää toimijaa, jolla on käytössään ohjelmisto, joka huomioi ja ottaa kantaa paikallisten olosuhteiden lisäksi myös kaivojen lukumäärään ja sijoittamiseen.

Mikäli kohteessa päädytään maalämpöjärjestelmään, suosittelen että tarkemmissa suunnitelmissa huomioitaisiin myös järjestelmän antamat mahdollisuudet ilmastoinnin viilennyksessä. Samalla kun energiakentästä otetaan viilennystä kesäaikaan, siihen saadaan varattua lämpöenergiaa tulevaa lämmityskautta varten. Tällöin energiakenttä voidaan mahdollisesti mitoittaa pienemmäksi, eli porakaivojen määrä laskee ja kompensoi ilmastoinnin muutoksen investointikustannuksia. Lisähyötynä käyttäjille saadaan kesäaikana miellyttävämpi sisäilma.

Lämpöässä tarjouksessa takuu on kaksi vuotta käyttöönotosta, LVI-Lämsän tarjouksessa takuusta ei ole mainintaa. Lisäksi Lämsän tarjoushinta sisältää myös porakaivot 8 kpl (220 m), kun Lämpöässä tarjoaa 10 kpl (200 m) porakaivoja. Koska tarjoukset ovat vielä alustavia, olen käyttänyt kustannuslaskelmissa näiden kahden tarjouksen keskiarvohintaa.

5.2.3 Ilma-vesilämpöpumppu

UVLP eli ulkoilma-vesilämpöpumppu osoittautui laskelmissa kokonaiskustannuksiltaan hieman maalämpöjärjestelmää edullisemmaksi. Investointikustannuksissa sen sijaan on jo huomattavampi ero ilma-vesilämpöpumpun hyväksi. UVLP:n valintaa puoltaa myös huomattavasti pienemmät muutos- ja rakennustyöt ulko- ja sisätiloissa. Järjestelmä hyödyntää olemassa olevaa lämmönvesivaraajaa, johon lämpöpumppu voi tuottaa toimittajan mukaan parhaimmil-

laan + 70 °C menovettä. Laskelmissa menoveden lämpötilana tarjouslaskija on käyttänyt +60 °C ja käyttövedelle +55 °C.

Scanoffisen tarjous sisältää 110 kW Mitsubishi Electric CAHV P500 HPB ilma-vesilämpöpumpun, jolle valmistaja lupaa kokonaislämpökertoimeksi (koko vuoden keskiarvo) 1,9. Lämpöpumppu kattaa laskelmien mukaan 73 % koko lämmitysenergian tarpeesta. Lisäenergian tarve, noin 80 000 kWh, tuotetaan sähkövastuksilla tai öljyllä. Vuotuiseksi säästöksi Scanofficen energialaskelmissa on arvioitu noin 19 000 €.

Huomioitavaa on, että UVLP:n hyötysuhde ja lämmitysenergian määrä laskevat huomattavasti ulkoilman painuessa alle -20 °C. Mitä kylmempi talvi tai suurempi lämpimän käyttöveden tarve, sitä enemmän tarvitaan korvaavaa energiaa. Sähkövastukset tai öljy ovat ehdoton edellytys järjestelmän toiminnan kannalta.

5.2.4 Hybridilämmitys

Hybridilämmitys vaatii yleensä tarkempaa suunnittelua kuin yhden järjestelmän systeemi. Huomioitavia seikkoja ovat ainakin verkoston mitoituslämpötilat, automatiikat, kuten shunttiautomatiikka, putkikoot ja niiden virtaamat. Tärkeää on huolehtia, ettei järjestelmään muodostu yli- tai alivirtaamia. Oikealla virtaamalla saadaan oikea teho järjestelmään ja varmistetaan laitoksen kestävyys ja toimivuus. Kohteeseen valittavalta suunnittelijalta vaaditaankin hyvää ammattitaitoa, koska yhtä oikeaa ratkaisua saneerauskohteisiin ei ole ja ne on aina suunniteltava tapauskohtaisesti.

Avainasemaan nousee myös valittavan laitteiston vaatima tilantarve ja miten ne saadaan sijoitettua järkevästi olemassa oleviin tiloihin. Myös porakaivojen, UVLP:n ulkoyksiköiden tai pellettikontin sijoittaminen rakennuksen yhteyteen pitää huomioida suunnittelussa ja järjestelmävalinnassa. Huomioitava on, että ulkoyksikköä ei sijoiteta liian lähelle asuinhuoneita ja ettei lumikuorma pääse niitä peittämään. Lisäksi on huolehdittava kondenssiveden viemäroinnistä ja sulana pysymisestä.

5.3 Loppuyhteenveto

Tarjouksia pyytäessäni keskustelimme laitetoimittajien kanssa järkevimmästä vaihtoehdosta toteuttaa Norvajärven leirikeskuksen lämpösaneeraus. Kaikki olivat yhtä mieltä siitä, että hybridilämmitys nykyisellä käyttöasteella on paras vaihtoehto. Samaan lopputulokseen päädyin myös itsekkin tutkiessani järkevintä vaihtoehtoa. Tulosta puoltaa lämpimän käyttöveden varmistaminen myös huipukulutusaikoina, kahden järjestelmän varmuus vikaantumistilanteissa ja riittävän lämpimän veden turvaaminen vanhaan patterijärjestelmään.

Mikäli kohteen käyttöaste tulevaisuudessa nousee ja lämpimän käyttöveden tarve siten kasvaa, heikentää se UVLP:n ja maalämpöpumpun kannattavuutta pellettijärjestelmään verrattuna. Myös mahdolliset keskiarvoa kylmemmät talvet ohjaisivat pelletin suuntaan, mutta näitä muuttuvia tekijöitä on mahdoton ottaa laskelmissa huomioon. Lopullisia päätöksiä tehtäessä olisi nämä kuitenkin hyvä ottaa huomioon.

LCC-analyysin perusteella lämmityssaneerauksen järjestelmäkustannukset nykyisellä hintatasolla ovat hyvin lähellä toisiaan. Selkein johtopäätös siitä oli, että nykyinen öljylämmitys on järkevää vaihtaa jo pelkästään euroissa laskien mahdollisimman pian energiaa säästävämpään ja samalla ympäristöystävällisempään lämmitysjärjestelmään.

6 LÄHTEET

Energian kokonaiskulutus-Motiva. Viitattu 18.2.2015

http://www.motiva.fi/taustatietoa/energian kaytto_suomessa/energian_kokonaiskulutus.

Energy Visions 2050 – suomenkielinen yhteenveto VTT 2009.

http://www.vtt.fi/files/vtt/energyvisions/visions2050_yhteenveto.pdf.

Holappa, J-P. Sotkan leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän perusparannus 2011. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Ilmatieteenlaitos. Vertailukauden 1981–2010 lämmitystarveluvut.

<http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Laine, K. 2012. Pelletti- ja maalämmityksen elinkaarilaskenta. Lahnuksen koulu. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri.

Leppäniemi, M., Kalema, T. & Perilä, T. 1995. Matalaenergiapientalot - kulutus-tasot, kustannukset ja kannattavuus. Tutkimusraportteja. IVO-yhtiöt.

Pellettilämmitys 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy. Päivitetty 15.4.2011

Viitattu 10.11.2014

http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjesteman_valinta/eri_lammitys_muodot/pellettilammitys.

Perälä, O. & Perälä, R. 2013. Lämpöpumput. Tallinna: Alfamer Oy.

Porakaivo maalämmön lähteenä 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys.

Viitattu 21.11.2014

http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114#pora.

Rovaniemen seurakunnan ympäristöohjelma 2013–2017. Viitattu 5.10.2014

http://www.rovaniemenseurakunta.fi/data/liitteet/ymparistoohjelma_2013-2017_tulostettava.pdf.

Rovaniemen seurakunta. Norvajärven leirikeskus ja lomamaja.

Viitattu 13.11.2014

http://www.rovaniemenseurakunta.fi/toimitilat/norvajarven_leirikeskus/.

Senera Oy 2011. Maalämpö. Viitattu 18.11.2014

<http://senera.fi/Maalampo#1>.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.

Tilastokeskus. Energian hankinta ja kulutus 2013. Viitattu 18.2.2015

http://www.stat.fi/til/ehk/2013/ehk_2013_2014-12-10_tie_001_fi.html.

Ulkoilmalämpöpumppu 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys.

Viitattu 14.11.2014

http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content & task=view & id=22 & Itemid=116.

Vapo Oy:n julkaisu 2005. Pellettikirja. Ajatuksia ja ohjeita taloudelliseen puu-lämmitykseen. Jyväskylä. Vapo Oy.

LIITTEET

Liite 1. Ilmatieteenlaitos, ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut

Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vantaa	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsinki	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Pori	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Turku	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tampere	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahti	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Lappeenranta	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vaasa	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajaani	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Oulu	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

Päivitetty viimeksi 20.1.2014 klo 8:13.

Liite 2. Leirikeskuksen kulutustietoja

KOHDE:	Norvajärven Leirikeskus											
LÄMPÖ	2008 mittarilukema	2008 kk-kulutus	2009 mittarilukema	2009 kk-kulutus	2010 mittarilukema	2010 kk-kulutus	2011 mittarilukema	2011 kk-kulutus	2012 mittarilukema	2012 kk-kulutus	2013 mittarilukema	2013 kk-kulutus
Tammi			30725,55	5468,93	64579,21	4308,68	99489,18	4590,36	132216,85	4922,64	168688,73	4622,46
Helmi			34485,67	3760,12	68197,47	3618,26	103584,43	4095,25	137928,8	5711,95	171680,85	2992,12
Maalis			38092,64	3606,97	72918,36	4720,89	107886,7	4302,27	142271,39	4342,59		
Huhtikuu	7816,34		40661,17	2568,53	76035,56	3117,2	110758,41	2871,71	145363,85	3092,46		
Touko	9165,42	1349,08	42195,86	1534,69	77322,98	1287,42	112189,5	1431,09	147246	1882,15		
Kesä	10635,67	1470,25	43798,37	1602,51	78648,16	1325,18	113505,18	1315,68	148808,71	1562,71		
Heinä	11546,58	910,91	45052,71	1254,34	79474,94	826,78	114247,92	742,74	149904,66	1095,95		
Elo	14073,88	2527,3	46082,01	1029,3	80745,67	1270,73	115693,2	1445,28	150860,84	956,18		
Syys	14975,42	901,54	47709,48	1627,47	82728,22	1982,55	117068,83	1375,63	152569,96	1709,12		
Loka	17973,95	2998,53	51167,62	3458,14	85330,56	2602,34	119770,09	2701,26	156004,97	3435,01		
Marras	21692,07	3718,12	54764,11	3596,49	89679,55	4348,99	123222,78	3452,69	159453,97	3449		
Joulu	25256,62	3564,55	60270,53	5506,42	94898,82	5219,27	127294,21	4071,43	164066,27	4612,3		
YHTEENSÄ	17440,28	17440,28	35013,91	35013,91	34628,29	34628,29	32395,39	32395,39	36772,06	36772,06		

KOHDE:	Norvajärven Leirikeskus											
VESI	2008 mittarilukema	2008 kk-kulutus	2009 mittarilukema	2009 kk-kulutus	2010 mittarilukema	2010 kk-kulutus	2011 mittarilukema	2011 kk-kulutus	2012 mittarilukema	2012 kk-kulutus	2013 mittarilukema	2013 kk-kulutus
Tammi			9712,971	111,349	10672,731	23,625	11596,221	60,601	12506,276	46,115	13387,9	22,662
Helmi			9757,399	44,428	10705,315	32,584	11631,574	35,353	12548,177	41,901	13425,329	37,429
Maalis			9835,267	77,868	10790,3	84,985	11725,836	94,262	12611,478	63,301		
Huhtikuu	8925,864		9874,706	39,439	10860,926	70,626	11771,77	45,934	12668,142	56,664		
Touko	8956,325	30,461	9920,622	45,916	10906,263	45,337	11810,347	38,577	12715,135	46,993		
Kesä	9114,725	158,4	10098,347	177,725	11047,223	140,96	11988,115	177,768	12856,894	141,759		
Heinä	9250,127	135,402	10287,371	189,024	11225,637	178,414	12121,495	133,38	13021,79	164,896		
Elo	9375,401	125,274	10340,584	53,213	11286,107	60,47	12195,87	74,375	13098,424	76,634		
Syys	9402,603	27,202	10408,626	68,042	11374,96	88,853	12239,117	43,247	13145,064	46,64		
Loka	9470,457	67,854	10479,728	71,102	11424,307	49,347	12305,744	66,627	13223,457	78,393		
Marras	9511,439	40,982	10537,597	57,869	11486,257	61,95	12349,367	43,623	13289,929	66,472		
Joulu	9601,622	90,183	10649,106	111,509	11535,62	49,363	12460,161	110,794	13365,238	75,309		
YHTEENSÄ	675,758	675,758	1047,484	1047,484	886,514	886,514	924,541	924,541	905,077	905,077		

Liite 3. Lämmityskustannusvertailu ja LCC-analyysi

LCC-ANALYYSI JA LÄMMITYSTAPOJEN VERTAILU									
						energia	siirto+vero	yhTEensä	
	Korko	2,8 %			Yösähkö	5,12	4,385	9,51 snt/kWh	
	Tarkastelujakso	25 v			Päiväsähkö	6,95	4,385	11,34 snt/kWh	
					Yleissähkö	6	4,385	10,39 snt/kWh	
	Lämmöntarve	150 kWh/m ²							
	Käyttösähkö	50 kWh/m ²			Pelletti	260,00	€/tn	5,53 snt/kWh	
	Lämmin käyttövesi	850 kWh/hlö			Kaukolämpö			5,25 snt/kWh	
	Asukasluku	60 hlö			Öljy	1,05	€/l	10,50 snt/kWh	
	Lämmin pinta-ala	1396 m ²							
	Rakennuskustannus	2300 €/m ²							
Lämmitystapa	Nykyinen öljylämmitys		Pelletti		Maalämpö		Ilma-vesilämpöpumppu		
Investointikustannukset									
Lämmön jakojärjestelmä					putkisto		putkisto		
Lämmön varastointi					pumppu		varaaja 1200l	3 000,00 €	
Lämmön kehityslaitteet					varaaja +			60 000,00 €	
Säätö ja automaatio					säätölaitteet	75 000,00 €		300,00 €	
Lämmön keruulaitteet					porakaivo +	68 000,00 €			
Polttoainevarasto					tarvikkeet				
Savupiippu									
Muut laitehankinnat									
Laitehankinnat yhteensä			tarjous sis. Alv 24%	84 060,00 €		143 000,00 €		63 300,00 €	
Asennustyöt			perustamistyöt	5 000,00 €		2 500,00 €			
Liittymismaksut									
Tilakustannus									
Muut kustannukset			huoltosop. 5v	7 500,00 €					
Yhteensä:		- €		96 560,00 €		145 500,00 €		63 300,00 €	
Käyttökustannukset									
Lämmitysenergian tarve		260 400 kWh		260 400 kWh		260 400 kWh		260 400 kWh	
Hyötysuhde / lämpökerroin		0,80		0,85		2,80		1,90	
Lämmitysenergian kulutus		325 500 kWh		306 353 kWh		93 000 kWh		137 053 kWh	
Käyttösähkön kulutus		69 800 kWh		69 800 kWh		69 800 kWh		69 800 kWh	
Sähkön kulutus yhteensä	2% lämmitykseen	71 196 kWh	2% lämmitykseen	71 196 kWh		162 800 kWh		206 853 kWh	
Lämmitysenergia (ei sähkö)		34 177,50 €		16 947,18 €					
Yösähkön osuus							60 %	11 796,81 €	
Päiväsähkön osuus							40 %	9 378,70 €	
Yleissähkön osuus	100 %	7 393,70 €	100 %	7 393,70 €	100 %	16 906,78 €			
Energiakustannukset		41 571,20 €		24 340,89 €		16 906,78 €		21 175,50 €	
Vuotuiset perusmaksut	Yleissähkö	480,00 €	Yleissähkö	480,00 €	Yleissähkö	480,00 €	2-tariffisähkö	61,44 €	
Huollot ja korjaukset	1% inv. Kust	170,00 €	1% inv. Kust	965,60 €		1 455,00 €		633,00 €	
Yhteensä:		42 221,20 €		25 786,49 €		18 841,78 €		21 869,94 €	
Kokonaiskustannukset		42 221,20 €		122 346,49 €		164 341,78 €		85 169,94 €	
	a	€/a							
Käyttökustannukset	25 v	42 221,20 €	959 565,49 €	25 786,49 €	586 052,07 €	18 841,78 €	428 219,00 €	21 869,94 €	497 040,38 €
korkokulut 5 vuoden lyhennyksellä			2,80 €		8 113,84 €		12 224,80 €		5 320,00 €
Kustannukset yhteensä:									
investointi		- €		96 560,00 €		145 500,00 €		63 300,00 €	
käyttökulut		959 565,49 €		586 052,07 €		428 219,00 €		497 040,38 €	
korot		2,80 €		8 113,84 €		12 224,80 €		5 320,00 €	
		959 568,29 €		690 725,91 €		585 943,80 €		565 660,38 €	
Laiteistot									
poltin ja kattila 20 v		- €		- €					
varaaja 20 v				- €	kompara + varaaja	2 500,00 €	varaaja 1200l	3 000,00 €	
Korot:									
2 vuoden lyhennyksellä		2,8		2,8		107,8		128,8	
Kustannukset yhteensä 25 v		959 571,09 €		690 728,71 €		588 551,60 €		568 789,18 €	
Jäännösarvo:									
Tilat	75 % inv.	- €	75 % inv.	- €	75 % inv.	- €	75 % inv.	- €	
koneet ja laitteet									
alkuperäiset	10 % inv.	- €	10 % inv.	8 406,00 €	10 % inv.	14 300,00 €	10 % inv.	6 330,00 €	
uudet investoinnit	75 % inv.	- €	75 % inv.	- €	75 % inv.	1 875,00 €	75 % inv.	2 250,00 €	
Jäännösarvo yhteensä:		- €		8 406,00 €		16 175,00 €		8 580,00 €	
Kustannukset 25 v - jäännösarvo		959 571,09 €		682 322,71 €		572 376,60 €		560 209,18 €	